

위성통신에 미치는 황사의 영향에 관한 연구

A Study on the Effects of Asian Dust to the Signal of Satellite Communication

홍 완 표 · 전 영 신*

Wan-Pyo Hong · Young-Sin Chun*

요 약

2004년 3월과 4월중 우리나라에 발생한 황사가 위성통신신호에 미치는 영향을 분석하기 위하여 중앙전파관리소 위성전파감시센터를 통하여 황사 발생 기간중 L, S, C, Ku 및 Ka 대역의 위성신호에 대한 실효등방성방사 전력(EIRP)을 측정하였다. 이 측정값을 동 황사 발생기간중 기상청에서 측정한 미세먼지농도(PM10)와 미세먼지를 수치화한 광학입자계수기(OPC)의 측정값을 기준으로 위성통신신호세기에 미치는 황사의 농도와 대기중의 입자의 수치들의 변화량에 대하여 분석하였다.

Abstract

To analysis on the degradation of the satellite communication signal due to Asian dust that appeared on Korean peninsula during March and April 2004, EIRPs of L, S, C, Ku and Ka frequency bands of the downlink of satellite communication link were measured by Satellite Signal Monitoring Center located in Icheon, Korea. The measured EIRP values were compared to the total dust density and dust particle distribution that were measured using PM 10 and OPC by the Korea Meteorological Administration, and the possible correlation between three sets data were analyzed.

Key words : Asian Dust, Scattering, OPC, Satellite Communications, Signal Attenuation

I. 서 론

전자기파를 이용한 전파 통신은 공간을 통하여 원거리까지 전달되며 특히 대기층 하의 공간에는 전파의 전파에 영향을 미치는 수증기, 산소 및 수소 등의 가스분자, 비, 안개, 구름, 눈과 진눈개비 및 자유전자가 존재한다.

이중 대기 중의 가스는 밀도가 낮아 전파전파에 큰 영향을 미치지 않으나 수증기 등 강수에 의한 영향은 무시할 수 없는 영향을 미치고 있다. 또한 전파 통신을 위한 사용 주파수가 마이크로웨이브대역 이상으로 높아짐에 따라 그 영향이 커지는 현상이 발

생되며 특히 강우에 의한 영향은 그 정도가 매우 심하여 지금까지 국내외적으로 많은 연구가 이루어져 실용화되어 있다.

최근 위에서 열거한 요소 이외에 우리나라의 상공에는 여름철을 제외한 봄, 가을 및 겨울철에 중국의 사막지역에서 불어오는 황사의 영향이 점점 커지고 있으며 중앙아시아의 사막화 진행이 확산됨에 따라 그 영향이 점차 커질 것으로 예상되고 있다.

본 논문에서는 2004년 3월 10일과 11일 및 3월 30일 및 31일에 우리나라에 발생한 황사의 미세농도 및 광학 입자 계수기의 측정값의 변화량에 의하여 L, S, C, Ku 및 Ka의 위성통신용 주파수 대역의 EIRP

「이 논문은 2003학년도 한세대학교 교내학술연구비지원에 의하여 연구되었음.」

한세대학교 IT학부(IT Division, Hansei University)

*기상청 기상연구소 응용기상연구실(Applied Meteorological Research Laboratory, Meteorological Research Institute)

· 논문 번호 : 20040525-071

· 수정완료일자 : 2004년 6월 30일

(실효등방성방사전력) 값의 변화 상태를 비교 분석함으로써 황사에 의한 위성통신 신호에 미치는 영향을 분석하였다.

II. 본 론

2-1 황사 성분

황사(黃砂, Asian Dust)란 주로 중국 북부의 황토 지대에서 바람에 의하여 상승된 미세 모래먼지를 말한다. 황사의 발원지는 타클라마칸사막, 중국 서부와 북서부의 모래 사막지역, 고비사막과 황하강 유역의 황토고원 등이며, 발생 원인은 발원지에서 저기압 발생시 한랭전선의 영향으로 차가운 공기가 지표의 복사열로 따뜻해져 지표면의 공기를 수직으로 3~5 km까지 상승시키고 공기와 함께 흩먼지가 부유되고 장거리 이동하기 가장 알맞은 고도에서 흩먼지의 비산이 발생되며, 이때 급속한 대기의 기류이동으로 발생한 편서풍에 의하여 한반도와 일본 열도를 지나 하와이나 알래스카 해안까지 수송되게 된다 (Ing, 1972). 연중 황사의 발생빈도는 주로 3월과 5월 사이에 나타나고, 4월 중 전체의 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{2}$ 의 빈도로 발생하는데 3~5월 봄철에 한반도를 둘러싼 주변의 기후여건이 이와 같은 황사 발원지의 발생 조건과 맞물려 그 발생이 가중되고 있다.

황사의 주성분은 토양입자로서 알루미늄, 철, 칼륨, 규소, 칼슘, 나트륨, 아연 및 마그네슘 등의 산화물이 들어 있고 이 중에서 알루미늄과 철 성분이 대부분으로 알루미늄이 60% 정도를 차지한다. 사막에서 발생한 토양성분의 황사는 이동하면서 오염지역의 가스와 입자의 상호작용에 의하여 SO₂, NO_x 등 가스상 물질이 입자 표면에 흡착, 황산염이나 질산염을 갖는다.

황사의 크기는 모래의 크기 1~1,000 μ m보다 매우 작은 1~10 μ m 정도로서 10 μ m 입자는 수시간에서 수일 동안 공중에 부유한다.

황사는 일반적으로 지상으로부터 ~4 km, 6~9 km 등의 상공에 다층 구조로 존재하고 그 황사층의 두께는 2 km~4 km 정도를 갖는다. 그림 11은 LIDAR 시스템을 이용하여 측정된 황사에 의한 후방산란계기와 황사의 다층고도를 보여주고 있다.

2-2 위성통신신호 감쇠요인

위성통신신호는 대기를 통과하여 지구국과 위성 간에 링크를 구성한다. 위성통신 신호인 전자기파가 대기를 통과할 때에는 대기 중의 미분자 산소, 수증기, 비, 안개와 구름, 눈과 진눈개비 및 자유전자에 의해 흡수되거나 산란되어 손실과 잡음이 발생하며, 전자의 2가지 성분은 변화가 거의 없으나 나머지 성분은 기상 및 대기조건에 의하여 큰 폭으로 변화된다. 대기 내에는 이외에도 N₂, O, SO₂, O₃, NO₂ 및 NH₃와 같은 가스가 존재하지만 밀도가 낮아 그 영향이 거의 무시된다.

자유전자에 의한 전자기파의 흡수 영향은 100 MHz 이하의 주파수대에서 발생하며 실제 위성회선 설계(링크버짓)를 할 때에는 안개와 산소를 제외한 가스들에 의한 감쇠는 무시되고 수증기와 산소에 의한 감쇠는 합하여 대기 감쇠로 다루어진다.

마이크로웨이브와 mm과 주파수 대역을 사용하는 위성통신에서 위성통신 신호에 크게 영향을 미치는 것은 강우이다.

빗속을 통과하는 전자기파는 빗방울에 의하여 흡수 및 산란이 일어나 신호 세기에 감쇠를 주고 산란 및 편파의 왜곡에 의하여 동일 주파수를 사용하는 다른 통신에 영향을 미친다.

10 GHz 이상의 주파수에서 전자기파는 대기 중에 존재하는 가스, 강우를 제외한 강수 및 자유전자 등에 의하여 60 GHz 주파수를 최대감쇠가 발생하는 공진점으로 신호세기가 변하는 감쇠특성을 가지고 있으며 양각이 낮을수록 감쇠의 영향이 큼을 나타내고 있다. 강우의 경우에는 500 GHz의 주파수 대역까지 주파수 상승과 강우량의 증가에 대하여 선형적으로 감쇠가 발생하는 특징을 가지고 있다.

2-3 분석

본 연구에서는 황사에 의한 위성통신 신호에 미치는 영향을 분석하기 위한 향후 이론적 모델을 정립하기 위하여 황사가 발생한 시간대에 L, S, C, Ku 및 Ka 주파수대의 실효등방성방사전력(EIRP) 값을 측정하였고 이 측정값을 측정시간대별로 황사의 수농도와 NOAA 위성의 황사측정 영상사진을 토대로 분석하였다.

2-3-1 황사 발생시 위성신호 EIRP 측정

위성에서 수신되는 신호를 잡음이 없이 깨끗하게 수신할 수 있는 경기도 이전에 위치한 위성전파 감시센터는 동경 55°~서경 160° 사이의 국내·외 정치제도 위성에서 방사되는 신호를 수신하여 ITU-R 규정 및 등록 제원의 준수 여부를 감시하는 기능을 가지고 있다. 위성전파의 포착·추적 및 궤도 위치 측정, 전송 특성 및 주파수 이용률 등 측정, 간섭 및 유해전파 방사원의 탐색 및 색출이 가능한 2기의 13 m 카세크레인 안테나로 6개 밴드에 수신되는 신호를 자동으로 추적하는 기능을 가지고 있으며 그림 1은 이 시스템에 대한 블록다이어그램이다. 본 연구에서는 위성전파 감시 센터의 협조를 얻어 황사가 가장 많았던 2004년 3월 10일과 11일 및 약한 황사가 발생한 3월 30일과 31일 및 황사가 발생하지 않은 4월 1일에 매 3시간 간격으로 L-band(ASIASTAR, 105° E, USA, 1,475.22 MHz), S-band(DFH-52, 80.3° E, CHINA, 2,491.75 MHz), C-band(ASIASAT-4, 122° E, CHINA, 3,760 MHz), Ku-band(KOREASAT-3, 116° E, KOREA, 12,730 MHz), Ka-band(KOREASAT-3, 116° E, KOREA, 20,755 MHz) 5개 밴드의 EIRP를 측정하였다.

2-3-2 황사시 먼지농도 및 황사수농도 측정

본 연구에 사용된 황사 데이터는 황사 발생일에 기상청에서 측정한 먼지농도(PM10)와 광학입자 계수기(Optical Particle Counter)의 데이터를 사용하였다. 미세먼지는 대기 중에 떠다니거나 강하하는 미세한 고체물질로서 대기 중에 부유하는 분진 중에 입경이 10 μm 이하의 미세한 입자의 총칭이다.

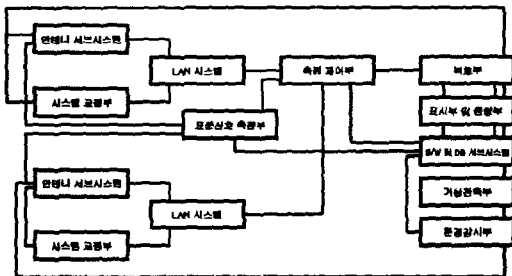


그림 1. 위성신호 측정 시스템 블록다이어그램
Fig. 1. Blockdiagram of satellite radio monitoring system.

PM10 농도 측정기의 원리는 주위 공기를 끌어들이고 일정한 유속으로 여과기를 통과시켜서 계속적으로 여과기의 무게를 측정하여 질량 농도를 거의 실시간(10분)으로 계산한다.

광학입자계수기(OPC)는 Lidar 시스템으로 측정을 하였으며 Lidar 시스템은 측정이 용이하며 직진성을 가지는 Laser에 의하여 측정 범위가 넓고 대기환경에 대하여 수직고도나 수평거리에 대한 대기 오염물질의 농도 분포 측정이 가능하다.

그림 2는 OPC 측정 시스템인 라이더 시스템의 블록다이어그램으로 동작원리는 레이저 모듈에서부터 발생하는 루비 레이저가 Nd:YLF Diode Laser를 pumping하고, 이에 따라 발생하는 1,047 nm의 빛을 주파수 증폭장치를 통해 523.5 nm의 녹색광으로 변환 후 트랜시버에 의해 방사된다. 에어러술에 의하여 반사되어 되돌아오는 빛은 기기의 co-axial 구조로 인하여 같은 트랜시버에 의해 측정되는데, 측정된 후방산란 빛을 전기적인 신호로 바꾸는 장치는 SPCM-AQ(Single Photon Counting Module)로서, 40 ns 동안 523.5 nm의 빛을 받아서 10 ns의 펄스(pulse)를 형성하고, 200 ns의 Bin Time을 갖는다. 따라서 200 ns, 즉 빛이 약 60 m를 가는 시간마다 측정이 가능하여 빛 왕복을 고려하면 최대 30 m의 분해능으로 관측이 가능하다. PRF(Pulse Repetition Frequency)는 2,500 Hz로 맞춰져 있는데, 이는 400 μs를 주기로 관측하는 것으로, 빛의 속도를 고려했을 때(30만 km/s) 매번 빛의 발사(shot) 당 최고 60 km 거리(120 km의 거리

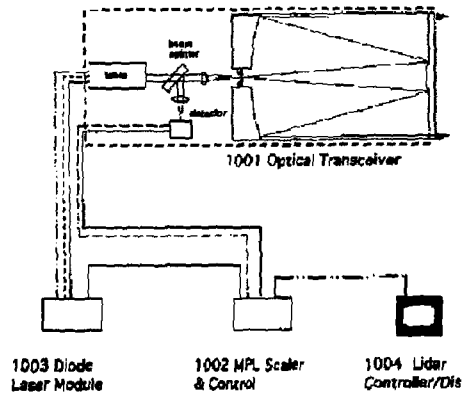


그림 2. OPC 측정기 Lidar 시스템의 구조
Fig. 2. Structure of Lidar system using for measurement of OPC.

표 1. Lidar 시스템 제원

Table 1. Specification of Lidar system.

Laser	Nd:YLF (Spectra-physics 7300)
Wavelength	523.5 nm
Laser energy	1 W
Pulse energy	4~5 μ J
Pulse repetition frequency	2,500 Hz(adjustable)
Resolution	30 m(adjustable)
Telescope diameter	20 cm
Transmitter field of view	50 μ rad
Receiver field of view	100 μ rad
Detector	EG& G SPCM-PQ GAPD

에 왕복을 고려함)를 측정한다.

표 1은 본 연구에서 사용된 OPC 데이터값을 측정
한 라이다 시스템의 제원이다.

본 연구에서 사용된 기상연구소 측정 OPC 데이
터는 황사의 크기를 0.3~0.5 μ m, 0.5~0.82 μ m, 0.82~
1.35 μ m, 1.35~2.23 μ m, 2.23~3.67 μ m, 3.67~6.06 μ m,
6.06~10 μ m, 10~25 μ m의 8개의 크기로 나뉘어 측정
한 데이터이다.

2-3-3 분석

그림 3에서 보는 바와 같이 황사가 심한 3월 11일
과 황사가 없는 4월 1일의 EIRP를 비교한 결과 황사

에 의하여 최대 8 dB의 감쇠가 발생하였음을 나타내
었다.

또한 황사가 심하게 발생한 3월 11일 중에 주파수
대역별로, 시간대별로 EIRP의 변화가 불규칙하게 발
생한 것으로 나타나고 있다.

그림 4는 측정일 기간 중 황사 크기별 수능도 측
정데이터값을 보여 주고 있다. 그림 5는 측정일 기
간 중 황사 크기별 수능도를 모두 합한 값을 보여 주
는 것이다.

각 측정 주파수 대역을 시간대별로 측정한 EIRP
와 황사의 수능도와의 관계를 분석한 결과 다음과
같은 특성이 나타났다.

C-band의 시간대별 EIRP는(0.3~0.5 μ m)+(0.5~
0.82 μ m) 입자들의 곡선을 더한 것과 유사한 변화
형태를 보였다. 특히 C-band의 경우는 입자계수의
전체 합계 변화 상태와 비교하여 볼 때 변화 특성이
다른 band의 변화 특성과 역의 특성을 보이고 있는
것으로 나타났다.

S-band는 전체적으로 보았을 때 황사의 수능도의
변화 특성과 가장 유사한 특성을 보여 주고 있다. 이
와 같이 수능도와 EIRP의 나타난 변화 특성은 평균
적으로 Ka-band는 90 % 정도, L-band는 70 % 정도,
Ku-band는 50 % 정도의 유사 특성을 갖는 것으로 나
타났다.

황사의 입자의 크기에 의한 영향을 분석한 결과
Ka-band는 대체적으로 고른 특성을 보이고 있고 Ku-

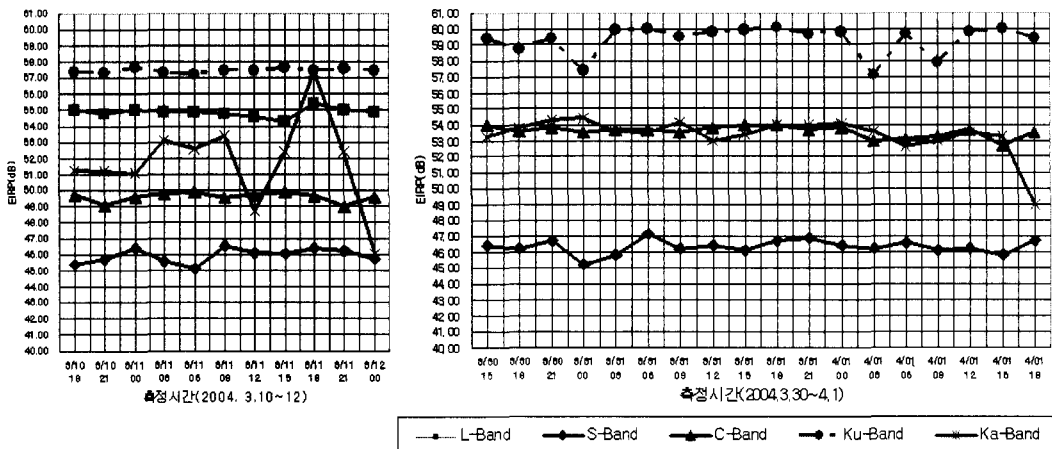


그림 3. 시간대별 EIRP 측정값

Fig. 3. Measurement value of EIRP during the period from 10 to 12 April and from 30 to 31 April 2004.

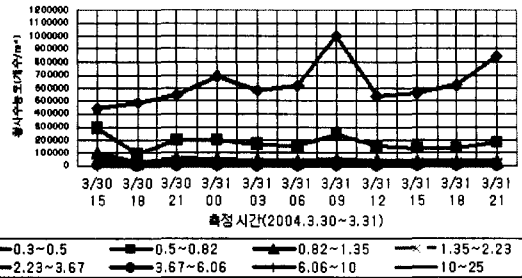
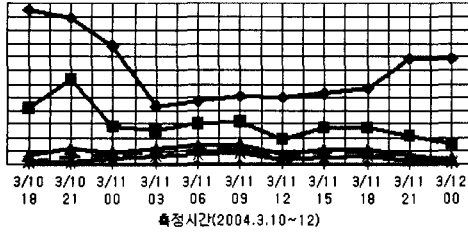


그림 4. 황사 크기(μm)별 수농도(m^3) 측정값

Fig. 4. Size(μm) and number concentration(m^3) of Asian dust during the period from 10 to 12 April and from 30 to 31 April 2004.

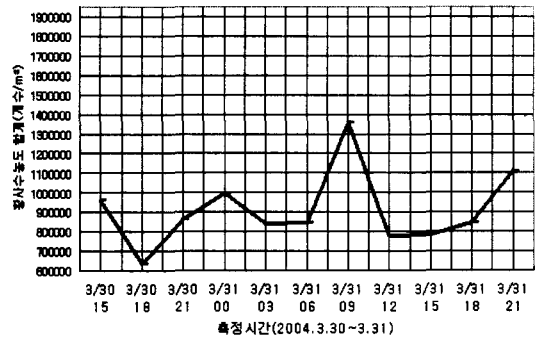
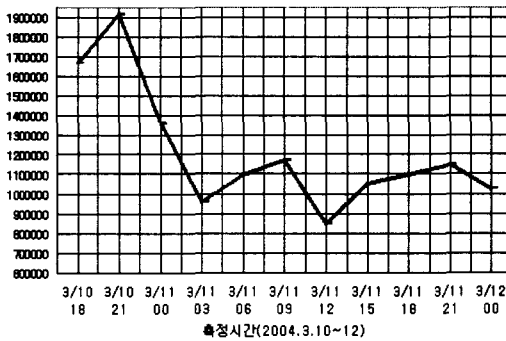


그림 5. 황사 크기별 수농도 합계

Fig. 5. Total number concentration(m^3) of Asian dust during the period from 10 to 12 April and from 30 to 31 April 2004.

band는 $0.3\sim 0.5\ \mu\text{m}$, C-band는 $1.35\ \mu\text{m}$ ~이상의 크기에 영향을 받으며 S-band는 전체 황사 크기 범위에 고른 특성을 보이고 있으며 L-band는 $1.35\ \mu\text{m}$ ~이상의 크기에 영향을 받는 것으로 나타났다.

그림 6~10은 황사 발생기간인 3월 10일과 3월 11

일의 분석 주파수 대역별 측정 EIRP 값과 황사의 수농도에 대한 관계를 보여 주고 있다. 이 그림들에서 알 수 있듯이 EIRP 값과 황사의 수농도값 간에는 규칙적인 특성이 보이고 있지 않으며 특히 황사의 크기가 작은 경우에는 더욱 불규칙성이 큰 것으로 나타났다.

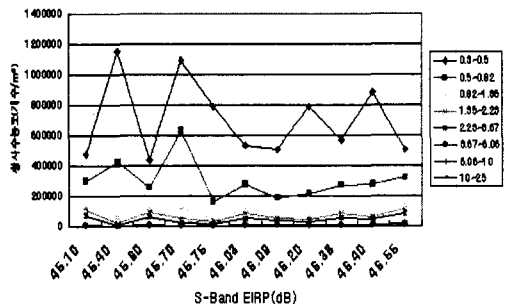
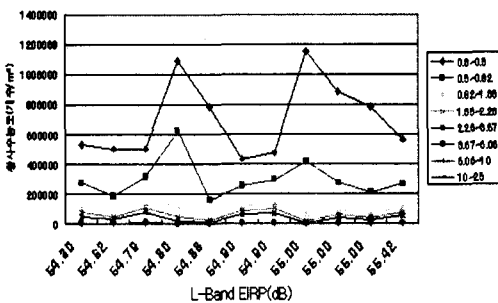


그림 6. L-band EIRP 대 황사 수농도 변화
Fig. 6. Variation of EIRP of L-band related to the number concentration of Asian dust.

그림 7. S-band EIRP 대 황사 수농도 변화
Fig. 7. Variation of EIRP of S-band related to the number concentration of Asian dust.

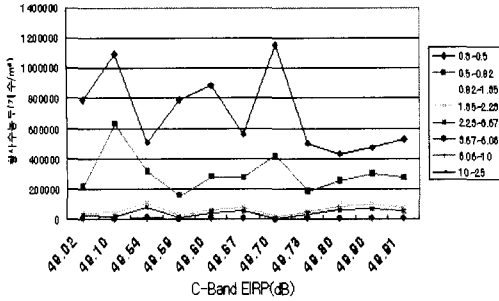


그림 8. C-band EIRP 대 황사 수농도 변화
Fig. 8. Variation of EIRP of C-band related to the number concentration of Asian dust.

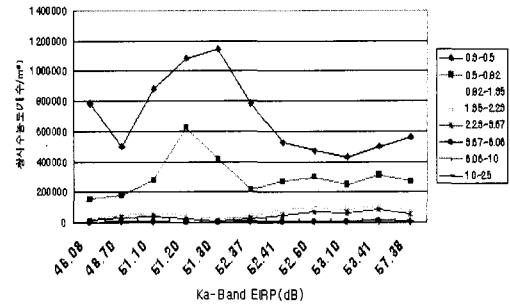


그림 10. Ka-band EIRP 대 황사 수농도 변화
Fig. 10. Variation of EIRP of Ka-band related to the number concentration of Asian dust.

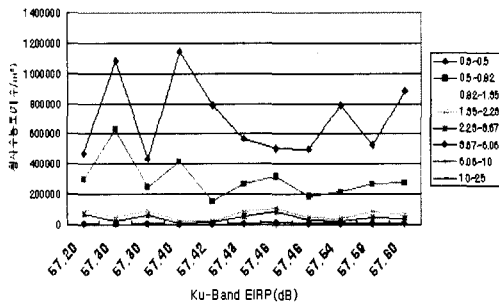


그림 9. Ku-band EIRP 대 황사 수농도 변화
Fig. 9. Variation of EIRP of Ku-band related to the number concentration of Asian dust.

즉, 0.3~0.6 μm , 0.6~0.82 μm 의 황사 크기 이상에서는 전 대역에 걸쳐 유사한 변화 특성을 보여 주고 있다.

즉, 황사의 개개 크기값만으로는 황사가 위성통신 신호에 미치는 영향을 정확히 분석하기가 매우 어려운 특성을 가지고 있음을 나타냈다.

그림 6은 L-band의 EIRP 값과 황사의 크기별 수농도값간의 상관관계를 보여 주는 것으로 X축은 황사 발생기간중 측정된 EIRP 값으로 최대값과 최소값의 차가 1.12 dB이다. EIRP 값이 증가함에 따라 황사의 수농도의 값이 선형적으로 감소하지 않고 거의 사인 곡선 형태의 불규칙한 특성으로 나타났다.

그림 7은 S-band의 EIRP 값과 황사의 크기별 수농도값간의 상관관계를 보여 주는 것으로 EIRP 값의 최대값과 최소값의 차가 1.12 dB로 나타났다. L-band의 경우와 유사한 특성을 전반적으로 보이고 있으나 수농도 값의 변화가 보다 많음을 알 수 있다.

그림 8은 C-band의 EIRP 값과 황사의 크기별 수농

도값간의 상관관계를 보여 주는 것으로 L-band와 S-band의 혼합성격을 보이고 있고 EIRP 값의 최대값과 최소값의 차는 0.89 dB로 나타났다.

그림 9는 Ku-band의 EIRP 값과 황사의 크기별 수농도값간의 상관관계를 보여 주는 것으로 황사 크기가 0.3~0.6 μm 인 경우는 S-band, 0.6~0.82 μm 의 경우는 S-band와 C-band의 혼합성격을 보이고 있고 EIRP 값의 최대값과 최소값의 차는 0.4 dB로 나타났다.

그림 10은 Ka-band의 EIRP 값과 황사의 크기별 수농도값간의 상관관계를 보여 주는 것으로 EIRP 값의 최대값과 최소값의 차는 11.3 dB로 나타났고 황사의 수농도의 변화 특성도 다른 band와는 다르게 0.3~0.6 μm 크기에서 크게 변화하지는 않으나 변동 파장이 큰 것으로 나타났다.

III. 결 론

본 연구에 의하여 황사에 의한 위성통신 신호에 미치는 영향을 분석한 결과 청명한 날씨의 최고 EIRP 값과 황사 날씨의 최소 EIRP 값을 비교한 결과 S-band의 경우는 청명한 정상날씨의 EIRP 값이 47.10 dB이고 황사 날씨의 경우 EIRP 값이 45.10 dB로서 약 2.0 dB의 감쇠가 발생하였다. C-band의 경우는 청명한 날씨의 경우 EIRP 값이 54.0 dB이며 황사 날씨의 경우 49.1 dB로서 약 4.9 dB의 감쇠가 발생하였다. Ku-band의 경우에는 청명한 날씨의 EIRP 값이 60 dB이며 황사 날씨의 경우 EIRP 값이 57.2 dB로서 약 2.8 dB의 감쇠가 발생하였다. Ka-band의 경우에는 청명한 날씨의 EIRP 값이 57.38 dB이며 황사 날씨의 경

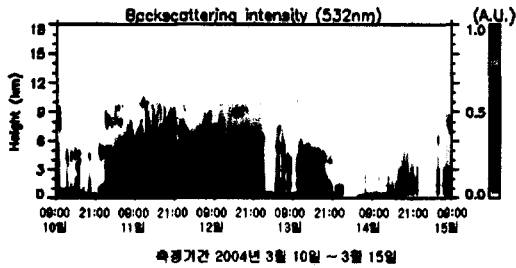


그림 11. 황사의 후방산란계와 황사의 고도
Fig. 11. Backscattering intensity and hight of Asian dust.

우 48.70 dB로서 약 8.68 dB의 감쇠가 발생하였다. 특히 Ka 대역의 경우에는 황사가 발생하는 기간 중에 EIRP 값이 오히려 청명한 날씨의 경우보다 큰 값이 되는 경우도 있고 EIRP 값의 변동이 심하게 나타났다. 특히 Ka-band와 L-band의 경우 황사의 수능도 합계가 증가하는 시점에 오히려 EIRP 값이 증가하고 황사의 수능도 합계가 감소하는 시점에 EIRP 값이 감소하는 현상도 나타났다.

다른 대역보다 이와 같은 현상이 Ka 대역에 나타나는 원인을 구체적으로 입증하지는 못하였으나 그림 10에서 나타난 바와 같이 Ka-band의 경우에는 작은 크기의 황사와 큰 크기의 황사의 영향을 모두 많이 받고 있으므로 황사의 다층 구조에 의한 덕트성 산란현상이 크게 나타나는 것으로 예상된다.

Ka 대역은 파장이 다른 대역에 비하여 매우 짧아 작은 크기의 황사로부터 큰 크기의 황사까지 영향을 받으며 따라서 황사 영역 전체의 영향을 받게 된다.

황사는 작은 크기의 높은 고도인 4~6 km에 존재하고 큰 크기의 황사가 낮은 고도인 2~3 km에 위치하고 있어 통상고도 6 km 내에서 대부분 다층구조를 이루고 있다. 따라서 Ka 대역신호가 덕트 형태를 띠는 황사층을 통과하면서 특정한 상태에서 위성신호의 집적형태로 또는 그 역의 형태로 나타나 일종의 덕트형 산란성 웨이딩 특성을 갖는 것으로 분석되었다.

그 외 Ka 대역 외의 대역에서도 황사 발생기간 중에 이와 유사한 전파 특성을 보이고 있는데 이것은 황사의 성분이 알루미늄, 철 및 망간 특성을 갖고 있어 위성전파 신호에 대한 산란과 흡수 및 반사 등 독특한 복합적인 특성을 보이고 있고 황사의 구성층이

다층구조를 이루고 있어 이와 같은 덕트성, 산란성 및 흡수성 웨이딩의 복합적 특성을 보이고 있는 것으로 분석되었다.

즉 본 연구결과에 의하면 황사가 위성통신 신호에 대한 감쇠와 웨이딩 특성을 야기하는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 향후 위성통신 등 황사가 전파신호에 미치는 영향을 분석하는 이론적 모델을 정립하는데 기여할 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] 정보통신부 중앙전파관리소 위성감시센터, 위성통신신호 대역별 EIRP 측정데이터.
- [2] 기상청 PM10, OPC 데이터.
- [3] L. Tsang, J. A. Kong and R. T. Shin, *Theory of Microwave Remote Sensing*, Wiley Interscience, 1985.
- [4] Youngin Chun, "Characteristic number size distribution of aerosol during Asian dust period in Korea", *Atmospheric Environment*, PERGAMON.
- [5] F. T. Ulaby, K. Sarabani, K. McDonald, M. Whitt and M. C. Dobson, "Michigan Microwave Canopy Scattering Model", *Technical Report, Radiation Laboratory*, University of Michigan, 1990.
- [6] Hyoung-Joon Cha, Yi-Sok Oh, "Numerical computation of radar scattering coefficient for randomly rough dielectric surfaces", *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, vol. 16, no. 1, pp. 65-72, 2000.
- [7] Soon-Ung Park, Eun-Hee Lee, "A simulation of Asian dust event observed on 8-10 April 2002 in Korea", *Proceedings of the 3rd Workshop on Aeolian Dust Experiment on Climate Impact*, Jeju, Korea, Jan. 2004.
- [8] ITU-R "Attenuation by hydrometeors in particular precipitation and other atmospheric particles", *CCIR Report 721-3, (Question2/5)(1978-1982-1986-1990)*.
- [9] Goldhirsh, J., "A parameter review and assessment of attenuation and back-scatter properties associated with dust storms over desert regions in the frequency range of 1 to 10 GHz", *IEEE Antennas and Propagation*, vol. 30, pp. 1121-1127, 1982.

홍 완 표



1991년 2월: 서울산업대학교 전자공학과 (공학사)

1993년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1999년 8월: 광운대학교 전자공학과 (공학박사)

1990년 8월~1997년 11월: 정보통신

부 통신정책국, 정보화기획실, 전파방송관리국 통신사무관

1997년 11월~1999년 11월: 삼성전자(주) 위성사업 T/F팀 전송영업그룹장

1999년 11월~2001년 2월: 광운대학교 정보통신연구원 연구전담교수

2002년 1월~2003년 12월: 한국정보통신기술사 협회장

2002년 3월~현재: 한세대학교 IT학부 교수/정보통신연구소장

[주 관심분야] 위성통신시스템, 초고주파소자설계 등

전 영 신



1986년 2월: 서울대학교 대기과학과 (이학사)

1990년 2월: 서울대학교 대기과학과 (이학석사)

1997년 2월: 서울대학교 대기과학과 (이학박사)

1986년 5월~현재: 기상청 기상연

구소 기상연구소

[주 관심분야] Asian dust event, Air pollution 등